

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет**

**Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Володимир ЄРЕМЕНКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Метрологія та вимірювальна  
техніка»**

**спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»**

**на тему: «Інформаційно-вимірювальна система параметрів  
технологічних процесів виробництва біопалива »**

Виконав:

студент IV курсу, групи ВМ-61-1

Маловічко Євген Вікторович

\_\_\_\_\_

Керівник:

Доцент, к.т.н., доцент

Павлишин Микола Михайлович

\_\_\_\_\_

Рецензент:

Доцент, к.т.н., доцент

Самарцев Юрій Миколайович

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент

\_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	61102.414215.001 ПЗ	Пояснювальна записка	44	
3	A4	BM61102.414215.001 ТЗ	Технічне завдання	7	
4	A1	BM61102.414215.001 E1	Схема електрична структурна	1	
5	A1	BM61102.414215.001 E2	Схема електрична функціональна	1	
6	A1	BM61102.414215.001 E3	Схема електрична приципова	1	
7					
8					
9					

				ДП BM61102.414215.001 ВП		
	ПБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту		
Розробн.	Маловічко Є.В.					
Керівн.	Палишин М.М.					
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.						
					Лист	Листів
					1	1
					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ІВТ Гр. BM-61-1	

## **Анотація**

У дипломному проєкті розроблена ІВС технологічних процесів виробництва біопалива. Проведено ретельний аналіз існуючих рішень та методів реалізації операцій вимірювання температури, рівня кислотності та тиску. Для розробки системи обрано найбільш раціональні технічні засоби з точки зору забезпечення необхідної точності та вартості кінцевого готового продукту.

Обрані алгоритми функціонування приладу дозволяють надавати користувачеві точну і повну інформацію для прийняття кінцевих рішень.

## **Annotation**

In the Graduation project given below the information measuring system of technological processes for biofuel production has been developed. A thorough analysis of existing solutions and methods of implementation of operations for measuring temperature, acidity and pressure. The most rational technical means in terms of ensuring the required accuracy and cost of the final finished product have been selected for the development of the system.

The selected algorithms of operation of the device allow to provide the user with the exact and full information for making final decisions.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ІВТ

\_\_\_\_\_ проф. Володимир ЄРЕМЕНКО

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт**

«Інформаційно-вимірювальна система параметрів технологічного процесу  
виробництва біопалива»

**BM61102.414215.001 ТЗ**

УЗГОДЖЕНО:

Керівник дипломного проєкту

Доцент, к.т.н., доцент \_\_\_\_\_  
(Посада)

Павлишин Микола Михайлович

(Прізвище І.ПБ.)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 р.

Дипломник:

Ст. гр. BM-61-1

МАловічко Євген Вікторович  
(Прізвище І.ПБ.)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 р.

Залікова книжка BM-61-1-02

Київ 2020

## **1 НАЙМЕНУВАННЯ ТА ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ**

1.1 ІВС параметрів технологічного процесу виробництва біопалива.

1.2 Галузь використання – виробництво біопалива, контроль та управління на виробництві, автоматизація процесу виробництва.

## **2 ПІДСТАВА ДЛЯ РОЗРОБКИ**

Даний проект виконується на основі завдання на дипломне проектування на тему «ІВС процесів виробництва біопалива» затвердженого кафедрою інформаційно-вимірjuвальної техніки від

## **3 МЕТА РОЗРОБКИ**

3.1 Метою розробки є створення прототипу ІВС виробництва біопалива.

3.2 Розробка вирішує наступні задачі: втілення сучасних цифрових технологій та відповідної елементної бази; втілення сучасних технологій виготовлення продукції; покращення метрологічних, експлуатаційних та техніко-економічних характеристик.

3.3 Призначення конструкції: ІВС призначена для використання при автоматизації контролю та виробництва біопалива.

## **4 ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ**

Джерелами розробки є періодичні та друковані видання вітчизняної та зарубіжної науково-технічної літератури, довідкові матеріали, державні стандарти, інформаційні ресурси мережі Internet, каталоги продукції провідних виробників, матеріали патентно-ліцензійного пошуку.

## **5 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ**

5.1 Вимоги до експлуатації, технічних і метрологічних характеристик інформаційно вимірювальної системи.

5.1.1 Технічні та метрологічні характеристики

- Вимірювальні величини – температура, лужність, тиск
- Температурний діапазон 0 – 80 °С
- рН -похибка не >0,15;
- Похибка вимірювання тиску не> 0,5;
- Температурна - абсолютна похибка вимірювання - не > 0,1°;
- Межа основної зведеної похибки вимірювання – 0,5.
- Додаткова похибка від зміни температури зовнішнього середовища від 0°С до максимального значення робочої температури на кожні 10 °С не перевищує половини допустимої основної похибки.

5.1.2 2 Вимоги до кліматичного використання і транспортування

Нормальні умови використання відповідно до ДСТУ 8281:2015  
Вироби електронної техніки наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Нормальні умови експлуатації

Величина, що впливає	Номінальні значення та їх відхилення
Температура навколишнього середовища, °C	20±5
Відносна вологість, %	80±2
Атмосферний тиск, kPa	83...107

Робочі умови експлуатації наведено в таблиці 2

Таблиця 2 - Робочі умови експлуатації

Величина, що впливає	Номінальні значення та їх відхилення
Температура навколишнього середовища:	
- нижнє значення, °C	+5
- верхнє значення, °C	+40
Відносна вологість при температурі навколишнього середовища 35 °C, %	90
Атмосферний тиск, kPa	80...107

Інформаційно-вимірювальна система повинна зберігати зовнішній вигляд і свої параметри відповідно до вимог кліматичного виконання УХЛ категорії приміщення 4.2 за ГОСТ 15150-69.

Вимоги до транспортування наведено в таблиці 3.



Таблиця 3 - Граничні умови транспортування

Впливаюча величина	Номінальні значення та їх відхилення
Температура зовнішнього середовища, - нижнє значення, °C - верхнє значення, °C	-10 +90
Відносна вологість при температурі 25 °C, %	100
Атмосферний тиск, kPa	70-107
Максимальне прискорення механічних ударів при частоті 80-120 ударів в хвилину	30 м/с <sup>2</sup>

Вимоги до зберігання наведено в таблиці 4

Таблиця 4 - Умови зберігання

Впливаюча величина	Номінальні значення та їх відхилення
Температура зовнішнього середовища, - нижнє значення, °C - верхнє значення, °C	0 +35
Відносна вологість при температурі 35 °C, %	90
Атмосферний тиск, kPa	84-106,7

### 5.1.3 Вимоги до часу встановлення робочого режиму

Показники робочого режиму не встановлюються

### 5.1.4 Вимоги до електричної міцності і опору ізоляції

Інформаційно-вимірювальна система повинна мати світлову індикацію ввімкнення живлення.

## 5.2 Вимоги до конструкції

Інформаційно-вимірювальна система повинна відповідати вимогам до конструкції наведеним в таблиці 5.

Таблиця 5 - Габарити та вага складових ІВС

Найменування	Розмір hxlxb, m	Вага, kg
ІВС	0.3 x 0.5 x 0.15	1
Бокс живлення	0.03 x 0.05 x 0.113	0,1

## 5.3 Вимоги до електроживлення

Живлення ФСЗН повинно здійснюватися від джерела постійного струму напругою 12 V і  $\pm 10\%$ .

## 5.4 Вимоги до надійності

Вимоги надійності не встановлюються.

## 5.5 Вимоги до безпеки монтажу, експлуатації і ремонту

Монтаж при виготовленні інформаційно-вимірювальної системи повинно бути виконано за сучасними технологіями поверхневого монтажу.

## 5.6 Вимоги до завадо захищеності

Вимоги до завадо захищеності не встановлюються.

## 5.7 Вимоги до методів і засобів повірки

Інформаційно-вимірювальна система відноситься до вимірювальних засобів, які не підлягають державному метрологічному нагляду. ІВС при виробництві підлягає метрологічній атестації, при експлуатації підлягає калібруванню.

# 6 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Додаткові вимоги не встановлюються.

## 7 СТАДІЇ ТА ЕТАПИ РОЗРОБКИ

8 Таблиця 6 – Етапи розробки дипломного проекту

/п	Назва етапу виконання курсового проекту	Строк виконання етапів проекту
	Дослідження проблемного об'єкту	25.02.2020
	Розробка та затвердження технічного завдання	05.03.2020
	Розробка структури виробу	20.03.2020
	Розробка функціональної схеми виробу	10.04.2020
	Розробка схем принципів окремих модулів	20.04.2020
	Розрахунки показників якості виробу	10.05.2020
	Висновки	20.05.2020
8	Оформлення дипломного проекту	25.05.2020

## 8 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМОГО ПРОЕКТУ

Приймання дипломного проекту виконується комісією затвердженою кафедрою інформаційно-вимірювальної техніки.

Склад документації, яка подається до приймання:

- пояснювальна записка з додатками;
- графічні документи (схема структурна, схема функціональна, схема принципова, алгоритм роботи ІВС);
- технічне завдання;
- анотації (українською та іноземною мовами);
- титульні листи проекту та пояснювальної записки.

Вимоги технічного завдання можуть бути змінені за бажанням сторін. Всі зміни повинні бути оформлені письмово і затверджені сторонами.

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему: «Інформаційно-вимірювальна система параметрів**  
**технологічного процесу виробництва боіпалива»**

Київ – 2020року

## Зміст

<b>Вступ .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Призначення та область застосування .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Основні технічні характеристики.....</b>	<b>7</b>
3.1 Технічні та метрологічні характеристики каналів вимірювання.....	7
<b>4. Аналітичний огляд метрологічних та технічних характеристик відомих аналогів .....</b>	<b>8</b>
4.1 Огляд і аналіз існуючих рішень.....	8
4.2 Існуючі відомі аналоги.....	9
<b>5. Розробка структури та режимів функціонування ІВС .....</b>	<b>13</b>
5.1 Структурна схема ІВС та її опис.....	13
5.2 Робота ІВС за структурною схемою .....	14
5.3 Попередній аналіз похибок вимірювання кожного каналу.....	15
<b>6. Розробка схеми електричної функціональної, алгоритмів функціонування та часових діаграм.....</b>	<b>15</b>
6.1 Схема електрична функціональна.....	16
6.2 Алгоритм роботи ІВС .....	17
6.3 Часова діаграм.....	18
6.4 Складові ІВС .....	19
6.5 Терморезистор DS18B20.....	19
6.5.1. Загальний опис .....	20
6.5.2 Особливості.....	21
6.5.3 Опис роботи .....	22
6.5.4 Приклади підключення сенсора.....	23
6.6 Датчик рівня кислотності рН Н-101 .....	24
6.6.1 Загальний опис.....	25
6.6.2 Характеристики датчика.....	26
6.7 Датчик тиску NovaSensor NPI-19 I2C digital sensor.....	29
6.7.1 Загальний опис.....	29
6.7.2 Шина I2C .....	30
6.7.3 Вихідна функція .....	31
6.7.4 Характеристики.....	32

<b>7. Розрахункова частина.....</b>	<b>33</b>
7.1. Розробка схеми електричної принципової .....	33
7.2 Розрахунки окремих блоків .....	35
7.2.1 Розрахунок похибок каналу вимірювання температури .....	35
7.2.2 Розрахунок похибки АЦП.....	37
<b>8. Розробка метрологічного забезпечення .....</b>	<b>39</b>
<b>9. Висновок .....</b>	<b>40</b>
Додаток А.....	41
Додаток В.....	43
Додаток С.....	44

## Вступ

Розробка інформаційно-вимірювальної системи (далі за текстом ІВС) виконується у відповідності до технічного завдання виданого та затвердженого кафедрою інформаційно-вимірювальної техніки від \_\_\_\_\_.

Актуальність даної розробки підтверджується тим, що в останні роки значно зросла зацікавленість до процесів виробництва біогазу – це проявляється не тільки в зростаючій кількості біогазових установок, але і в зацікавленості все більшого числа фермерів, комунальних господарств, підприємств і приватних господарств, які уважно спостерігають за розвитком цього сектора. Для харчової промисловості, гастрономії, великих ресторанів, установ громадського харчування та підприємств з переробки харчових відходів технологія виробництва біогазу надає шанс дешевої утилізації органічних відходів і залишків продуктів харчування в біогазових установках з користю для сільського господарства. Ця технологія завойовує також все більше прихильників серед людей, які особисто переконалися в її користь для навколишнього середовища.

Для фермерів біогазові установки набувають все більшого значення с багатьох причин, але є дві найголовніші причини для зростання попиту до таких установок: використовуючи біогаз на своєму господарстві можна не тільки зберегти кошти, а і в багатьох випадках можна також отримати додатковий прибуток на «зеленій» електроенергії.

					61102.414215.001 ПЗ	Арк.
Випр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

В той же час все вагоміше стають «побічні продукти» біогазової технології, в першу чергу тут мається на увазі зменшення емісій неприємних запахів від рідкого та твердого навозу, уникнення втрат поживних речовин, заощаджуючи тим самим на мінеральних добривах, зменшення агресивного впливу на рослини при використанні навозу після біогазової установки.

Також не менш важливим є – циркулярна економіка, яка упроваджується переходом на використання біогазових установок. Це дарує незалежність господарства від закупівлі добрив, електроенергії та тепла.

					61102.414215.001 ПЗ	Арк.
						5
Випр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 2. Призначення та область застосування

На сьогоднішній день все більше сільських господарств різного розміру звертаються до привілей біопалива, та «зеленої» енергетики. Тому стає питання забезпечення господарств доступними системами контролю та управління процесів виробництва біопалива, які можна застосувати для любых обсягів біореактору.

Таку ІВС можна використовувати не тільки в агрокомплексі, а також і на інших виробництвах з органічними відходами. Це може бути: харчова промисловість, комунальні господарства, великі ресторани, підприємства по переробці харчових відходів.

Дипломний проект включає в себе два основних параметри, які потрібно контролювати для вдалого виробництва біогазу, а також декілька інших параметрів які буде контролювати система: температура, лужність, тиск в біореакторі та витрати на вході і виході.

Оскільки, ІВС є універсальною, область використання обмежується лише необхідністю. Таку ІВС можна використовувати як базу для створення подібних ІВС для інших потреб, наприклад: контроль якості земельних ресурсів, контроль на виробництві хімічних рідин.

					61102.414215.001 ПЗ	Арк.
Випр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

### 3. Основні технічні характеристики

#### 3.1 Технічні та метрологічні характеристики каналів вимірювання.

Технічні та метрологічні характеристики каналів вимірювання представлено в таблиці 3.1.1

Таблиця 3.1.1

Характеристик	Значення
Діапазон частот	1MHz - 16MHz
Діапазон напруги	0...5V
Температурний діапазон	0 — 80 °C
Діапазон вимірювання pH	0 – 14 pH
Температурна абсолютна похибка вимірювання	не > 0,1°
pH -похибка	не >0,15
Межа допустимої основної зведеної похибки вимірювання	0,5

Основні функції ІВС:

- зчитування показів сенсорів;
- обробка сигналу;
- відображення результатів обробки;

#### 4. Аналітичний огляд метрологічних та технічних характеристик відомих аналогів

##### 4.1 Огляд і аналіз існуючих рішень

На даний момент, на ринку, існує безліч компаній які займаються повною розробкою та встановленням біогазових установок для різних господарств. Такі компанії займаються усіма аспектами біогазових установок від розрахунку об'ємів біореактора та закладання фундаменту до проектування систем автоматизації та контролю за усіма процесами виробництва біогазу. Але на ринку не представлено ІВС контролю процесів виробництва біопалива окремо від повного встановлення біогазових установок. Це сигналізує про те, що ринок не може задовільнити попит на такі системи зі сторони невеликих господарств.

Головними параметрами при виробництві біогазу – є температура та кислотність субстрату . Температура вимірюється водонепроникними датчиками різних типів, також вимірюється і кислотність.

Іншими параметрами, які вимірюються – можуть бути: тиск, вологість, зміст аміаку. Але це все залежить від сировини, способу виробництва і бактерій, які використовуються.

ІВС – представляє собою систему датчиків, які закріплюються на біореакторі та мікроконтролер, який отримує дані з датчиків і оброблює їх для подальшого виводу на екран комп'ютера.

## 4.2 Існуючі відомі аналоги

Так як повноцінних аналогів розробляємої ІВС на ринку не представлено, то я буду спиратись на данні з сайту компанії Zorg Biogas.

Коротко про компанію: Компанія Zorg Biogas виконує повний комплекс робіт з проектування, будівництва, постачання обладнання та налагодження біогазових установок і біогазових станцій по всьому світу.

Опис автоматики з сайту компанії: Автоматизація управління і регулювання біогазової установки реалізована на базі промислового контролера фірми Siemens CPU315-DP2 з використанням системи розподіленої периферії Simatic ET200S і панелі оператора OP277 Touch з сенсорним управлінням спільно з датчиками і виконавчими механізмами. Забезпечує автоматичне керування процесами біогазової установки, захист і регулювання технологічних параметрів. Взаємодія між усіма вузлами відбувається по мережах PROFIBUS і MPI з використанням фізичного інтерфейсу RS-485. Керуюча програма створена із застосуванням системи розробки Simatic Step7 і записана на флеш-карту пам'яті.

Автоматизація забезпечує:

- контроль рівня за допомогою гідростатичних і аварійних електродних датчиків;
- контроль завантаження та вивантаження резервуарів за допомогою ваго вимірювача, витратоміра, датчиків рівня, реле перевищення тиску субстрату;
- управління перемішуванням субстрату за допомогою контролера;
- контроль тиску в системі обігріву за допомогою клапана підживлення системи;
- контроль і управління температурою в ферментаторах;

					61102.414215.001 ПЗ	Арк.
Випр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

- контроль якості біогазу на газоаналізаторі;
- контроль тиску біогазу датчиком тиску газу, датчиком висоти купола, запобіжним клапаном;
- кількість вироблюваного біогазу за допомогою витратоміра біогазу.

На рисунку 4.1. – зображений промисловий контролер Siemens CPU315-DP2



Рисунок 4.1. – промисловий контролер SIMATIC S7-300  
(Siemens CPU315-DP2)

Програмований логічний контролер SIMATIC S7-300 - призначений для побудови систем автоматизації низького і середнього ступеня складності. Модульна конструкція контролера S7-300, робота з природним охолодженням, можливість застосування структур локального і розподіленого вводу-виводу, широкі комунікаційні можливості, безліч функцій, підтримуваних на рівні операційної системи, високу зручність експлуатації і обслуговування забезпечують можливість отримання

					61102.414215.001 ПЗ	Арк.
Випр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

оптимальних рішень для побудови систем автоматичного управління технологічними процесами в різних областях промислового виробництва.

В таблиці 4.2.1. наведені деякі характеристики контролера SIMATIC S7-300

Таблиця 4.2.1.

Характеристика	Значення
Напруга живлення	Нижня межа 20,4V Верхня межа 28
Оперативна пам'ять	Вбудована 384кб без можливості розширення.
Інтерфейси	MPI, PROFIBUS DP
Ціна	Від 2000 євро

На рисунку 4.2. – зображена станція систем розподіленого вводу-виводу Simatic ET200S

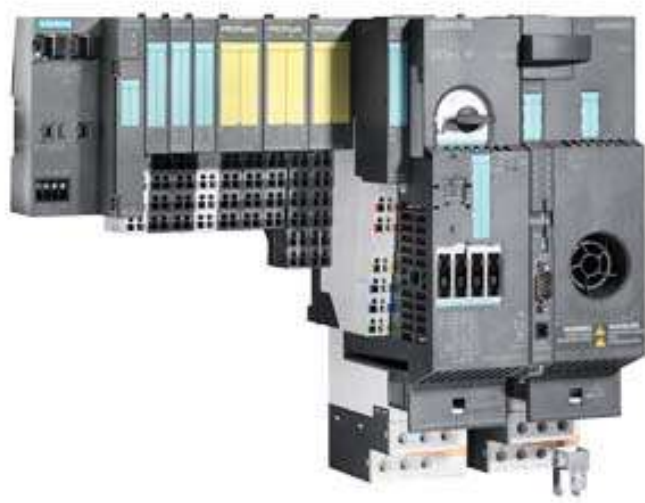


Рисунок 4.2. – Simatic ET200S станція для встановлення в шафи керування

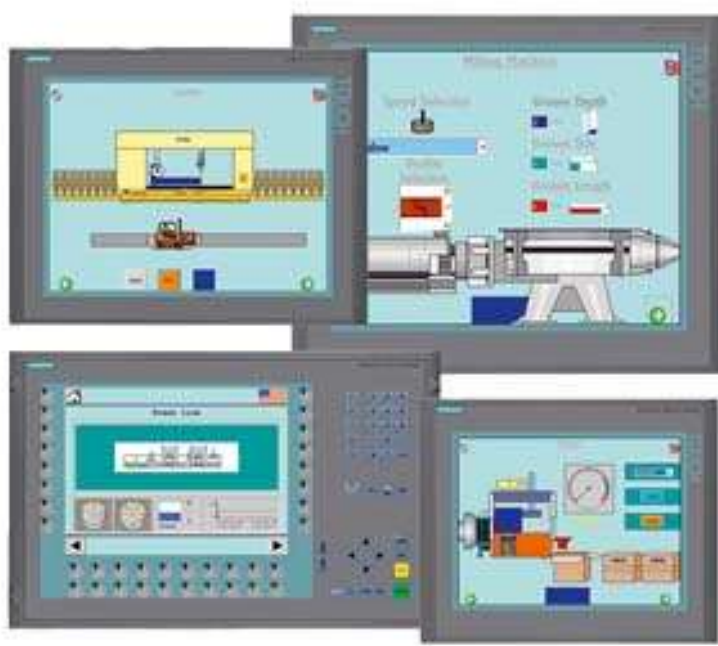


Рисунок 4.3. – Панель керування оператора SIMATIC OP277 Touch

На малюнках 4.1.,4.2.,4.3. – зображені компоненти, які використовуються в дорогих професійних системах. З цих складових можна зробити висновок, що такі системи не доступні для невеликих господарств через вкрай високу ціну і необхідність великого обсягу органічних відходів.

ІВС, яка розробляється в цьому дипломному проєкті, побудована на базі недорогого мікроконтролера Arduino Uno r3, та сумісних з ним датчиків. ІВС розрахована на виробництво біогазу в малих обсягах на невеликі господарствах з невеликими біореакторами.

## 5. Розробка структури та режимів функціонування ІВС

### 5.1 Структурна схема ІВС та її опис

На підставі отриманого завдання, огляду існуючих метрологічних та технічних рішень була розроблена структурна схема ІВС, яка представлена на Рисунку 5.1.

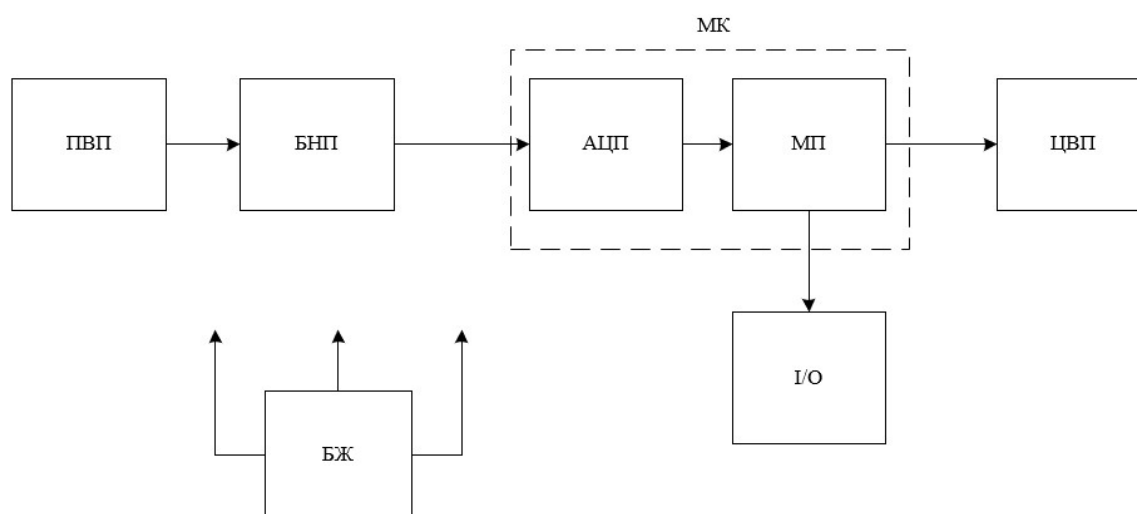


Рисунок 5.1. – Структурна схема ІВС

Де,

- ПВП – Первинні вимірювальні перетворювачі;
- БНП – Блок нормуючих пристроїв;
- АЦП – Аналогово-цифровий перетворювач;
- МП – Мікропроцесор;
- МК – Мікроконтролер;
- I/O – Блок вводу/виводу даних;
- ЦВП– Цифровий відображаючий пристрій;
- БП – Блок живлення;



## 5.2 Робота IBC за структурною схемою

При початку роботи системи, вона встановлюється на заздалегідь приготовані місця під кріплення датчиків.

В блок первинних перетворювачів входять три датчика: водонепроникний терморезистивний датчик температури DS18B20, отримання даних про температуру відбувається шляхом зміни опору терморезистора при зміні температури навколишнього середовища, або рідини в яку він поміщений. РН-електрод рН Н-101, складається з скляної мембрани, яка дозволяє іонам водню з вимірюваної рідини дефундувати у зовнішній шар скла, тоді як більші іони, залишаються в розчині. Різниця в концентрації іонів водню створює дуже малий струм. Цей струм пропорційний концентрації іонів водню в рідині, що вимірюється. Третій датчик NovaSensor NPI-19, який також розміщується в біореакторі – вимірює тиск всередині біореактора за допомогою пьезорезистивного метода, який базується на інтегральному чутливому елементі із кремнію, що запаяний з металевою мембраною в корпусі із нержавіючої сталі.

Сигнал з рН електроду надходить через блок підсилення до АЦП Arduino. Далі, дискретизований сигнал прямує до мікропроцесору для подальшої обробки.

Сигнали з датчика температури та тиску надходять до мікроконтролеру через піни, бо не потребують підсилення. Сигнал з датчику.

Після обробки сигналу, зібрана інформація виводиться на екран ноутбука або комп'ютера, до якого під'єднана IBC.

### 5.3 Попередній аналіз похибок вимірювання кожного каналу

ІВС процесів виробництва біопалива, має такі похибки:

- Похибка АЦП;
- Похибка нелінійності;
- Нормуючого підсилювача:  
Похибка дрейфу нуля ;  
Похибка квантування;

## 6. Розробка схеми електричної функціональної, алгоритмів функціонування та часових діаграм

Основою для розробки СЕФ(схема електрична функціональна) є схема електрична структурна та вимоги ТЗ та ДП.

Метою для розробки СЕФ є можливість уточнення алгоритмів функціонування ІВС, детальнішого аналізу складових похибок вимірювальних каналів, обґрунтування вимог до елементної бази.

					61102.414215.001 ПЗ	Арк.
Випр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

## 6.1 Схема електрична функціональна

На рисунку 6.1. Представлена СЕФ

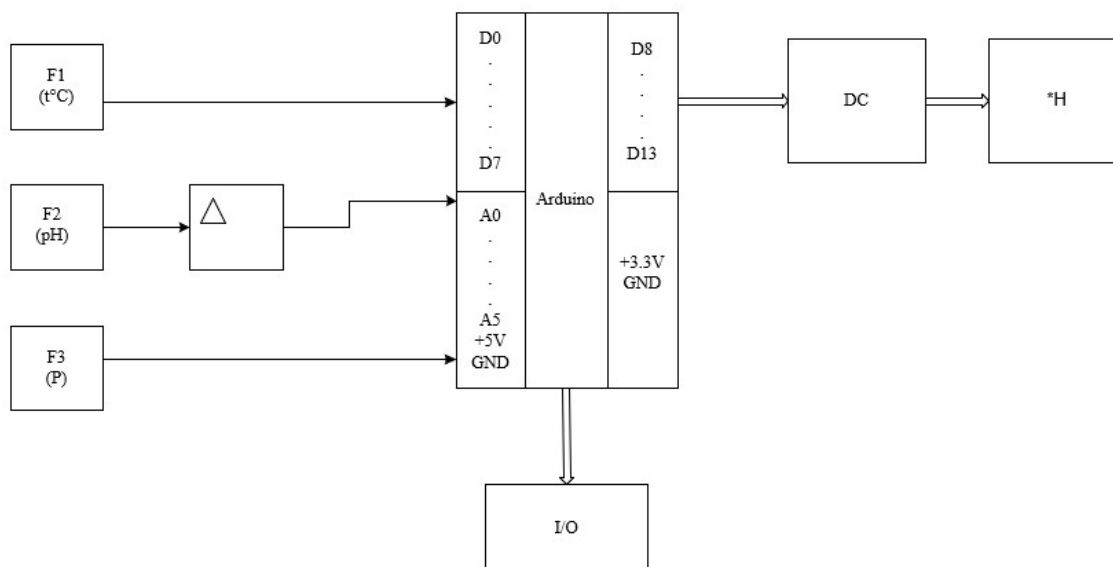


Рисунок 6.1. – Схема електрична функціональна

Де,

F1 – цифровий датчик температури DS18B20;

F2 – аналоговий датчик рівня рН з підсилювачем;

F3 – цифровий датчик тиску, який підключений через шину I2C;

I/O – Пристрій вводу/виводу;

DC – дешифратор;

\*H – Цифровий відліковий пристрій;

## 6.2 Алгоритм роботи ІВС

На рисунку 6.2. наведено алгоритм роботи ІВС



Рисунок 6.2. – Алгоритм роботи ІВС

### 6.3 Часова діаграм

Часову діаграму роботи ІВС наведено на рисунку 6.3.

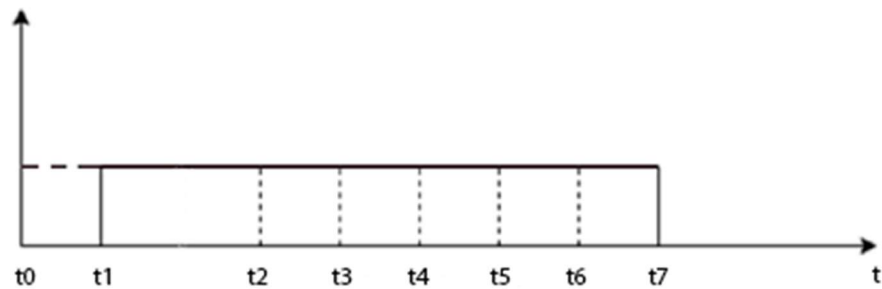


Рисунок 6.3. – Часова діаграма

Де,

$t_0$  – ввімкнення живлення;

$t_1$  – ініціалізація мікроконтролера;

$t_2$  – відкриття ключа;

$t_3$  – зчитування даних в мікроконтролера, обробка результатів вимірювання;

$t_4$  – перетворення оброблених даних;

$t_5$  – збереження на записуючий пристрій;

$t_6$  – індикація оброблених даних;

$t_7$  – кінець процедури вимірювання.

## 6.4 Складові ІВС

Для виконання дипломного проекту були обрані певні елементи із елементної бази, які задовольняють вимогам заданим в завданні до дипломного проекту. Був обраний мікроконтролер Arduino як сама доступна база для проектування ІВС, там до МК були обрані три первинні вимірювальні перетворювач.

## 6.5 Терморезистор DS18B20

Датчик температури DS18B20 – терморезистор у водонепроникному корпусі з інтерфейсом 1-wire. Зовнішній вигляд представлено на рисунку 6.4.



Рисунок 6.4. – Датчик температури DS18B20

На рисунку 6.4. – Зображені піни датчика, а в таблиці 6.5.1. – опис пінів датчика.

## PIN ASSIGNMENT

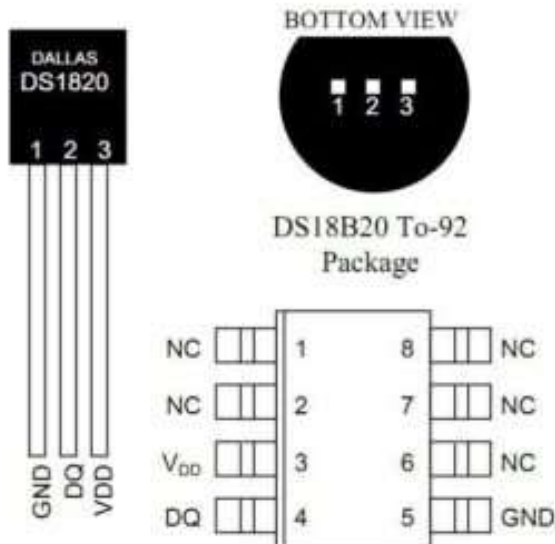


Рисунок 6.5. – Піни датчика DS18B20

Таблиця **Помилка! У документі відсутній текст указанного стилю..** – Піни та їх опис

Назва піну	Функція
GND	заземлення
DQ	Дані(вхідні/вихідні). Також забезпечує живлення пристрою при використанні в режимі паразитного живлення
V <sub>DD</sub>	Живлення. Повинне бути заземлено для роботи в режимі паразитного живлення.
NC	Не під'єднано

### 6.5.1. Загальний опис

DS18B20 - це цифровий температурний датчик, що має багато корисних функцій. Грубо кажучи, його можна назвати цільним мікроконтролером, який може зберігати значення вимірювання в енергозалежній пам'яті, сигналізує про вихід температури за встановлені границі(самі границі встановлює користувач).

Обмін даними з мікроконтролером відбувається за однодротовою лінією зв'язку, за допомогою протоколу 1-Wire. (Бібліотеки скачуються окремо).

Живлення датчик отримує напряму від лінії даних, без використання зовнішнього джерела. В даному режимі живлення датчика походить від енергії, на паразитній ємності.

Діапазон вимірювання становить від -55 до +125 ° С. Для діапазону від -10 до +85 ° С похибка не перевищує 0,5 ° С.

#### 6.5.2 Особливості

- Кожному пристрою надано унікальний 64-х розрядний серійний код, який зберігається у вбудованому ПЗУ.
- Можливість використання декількох датчиків спрощує зондування температури.
- Не потребує зовнішніх компонентів.
- Може житись від лінії передачі даних. Живлення в діапазоні від 3 до 5 В.
- Вимірює температуру в діапазоні від -55 ° С до + 125 ° С (-67 ° F до + 257 ° F).
- ± 0,5 ° С точність від -10 ° С до + 85 ° С.
- Має можливість використання декількох датчиків на одній лінії.



### 6.5.3 Опис роботи

Основним функціоналом DS18B20 є його прямо-цифровий датчик температури. Розподільча здатність якого налаштовується користувачем : 9, 10, 11 або 12 біт, що відповідає крокам похибок  $0,5^{\circ}\text{C}$ ,  $0,25^{\circ}\text{C}$ ,  $0,125^{\circ}\text{C}$  і  $0,0625^{\circ}\text{C}$  відповідно. За замовчуванням розподільча здатність відповідає 12 бітам.

Живлення DS18B20 відповідає зниженій енерговитраті. Після перетворення отримані термічні дані зберігаються в 2-байтовому регістрі температури в пам'яті та датчик повертається в стан очікування. Дані вихідної температури датчика калібруються у градусах Цельсія, Дані про температуру зберігаються у вигляді 16-бітових знаків, розширених два компліментарних числа в регістрі температури (див. рис 6.6.). Бітові знаки (S) означають від'ємність: для додатних чисел  $S = 0$ , а для від'ємних чисел  $S = 1$ . Якщо DS18B20 налаштовано на 12-бітну роздільну здатність, всі біти в регістрі температури будуть містити дійсні дані. Для 11-розрядної роздільної здатності біт 0 не визначений. Для 10-бітової роздільної здатності біти 1 і 0 не визначені, а для 9-бітових біти роздільної здатності 2, 1 і 0 не визначені. У таблиці 6.4.2. наведено приклади цифрових вихідних даних та відповідне зчитування температури для перетворення 12-бітової роздільної здатності.

	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
LS Byte	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$	$2^{-1}$	$2^{-2}$	$2^{-3}$	$2^{-4}$
	bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8
MS Byte	S	S	S	S	S	$2^6$	$2^5$	$2^4$

Рисунок 6.6. – Регістровий температурний формат

Таблиця 6.5.2

Температура	Цифровий вихід(Binary)	Цифровий вихід(Hex)
+125°C	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85°C	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.0625°C	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125°C	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125°C	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625°C	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55°C	1111 1100 1001 0000	FC90h

## 6.5.4 Приклади підключення сенсора

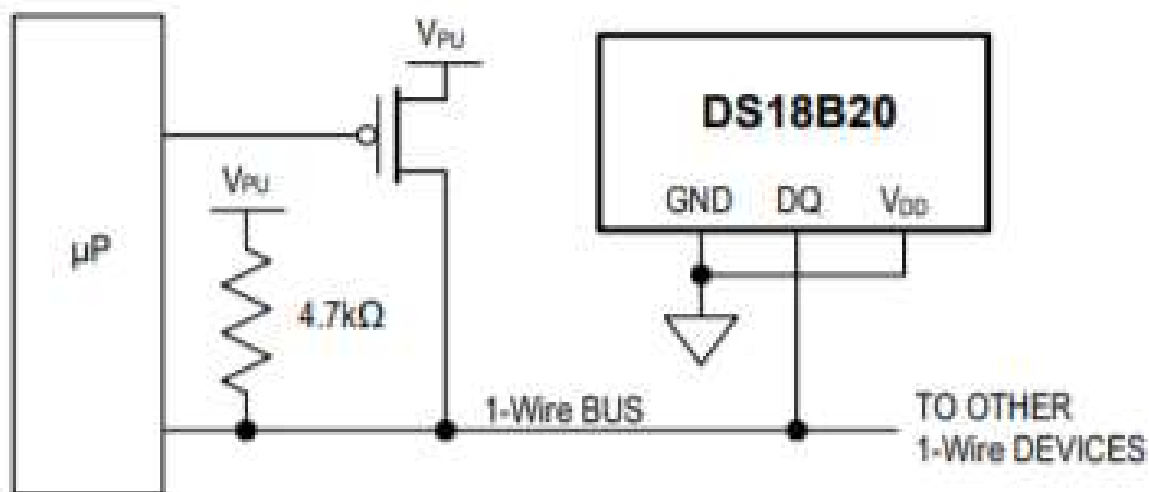


Рисунок 6.7. – Підключення з паразитним джерелом струму

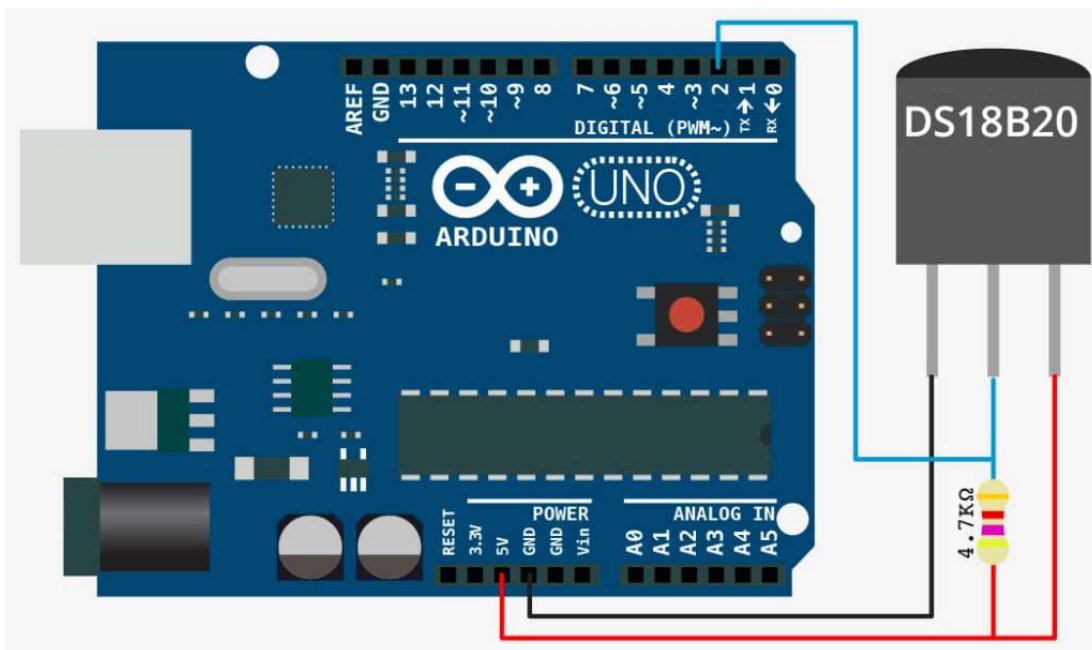


Рисунок 6.8. – Підключення датчика до Arduino

#### 6.6 Датчик рівня кислотності рН Н-101

Датчик рН Н-101 – це датчик кислотності рідини, який виконаний у вигляді електрода з скляним кінцем, та який має свій власний підсилювач.

На рисунку 6.9. – зображений вигляд датчика.



Рисунок 6.9. – Зовнішній вигляд датчика рН Н-101.

Випр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

61102.414215.001 ПЗ

Арк.
24

### 6.6.1 Загальний опис

Електрод рН Н-101 - це пасивний датчик, що означає, що джерело збудження не потрібно. Оскільки вихід електрода може коливатися вище та нижче опорної точки, тому він класифікується як біполярний датчик. Електрод виробляє вихідну напругу, яка лінійно залежить від кислотності розчину. Опір джерела рН-електрода дуже високий, тонка скляна колба має великий опір що зазвичай знаходиться в діапазоні від 10 МОм до 1000 МОм.

Це означає, що електрод можна контролювати лише вимірювальним приладом високого опору.

Цей електрод підходить для любых задач де потрібно вимірювати кислотність рідини. Це може бути як домашнє використання, так і промислове, для моніторингу процесів виробництва.



Рисунок 6.10. – Схема та розміри електрода

## 6.6.2 Характеристики датчика

Передавальна функція датчика кислотності рН Н-101.

$$\text{pH}(x) = \text{pH}(s) + \frac{(E_s - E_x)F}{RT \ln(10)} \quad (1)$$

Де,

$\text{pH}(X)$  = рН невідомого розчину (X)

$\text{pH}(S)$  = рН стандартного розчину = 7

$E_s$  = Електричний потенціал на еталонному або стандартному електроді

$E_x$  = електричний потенціал на електроді, що вимірює рН

$F$  – константа Фарадея =  $9,6485309 \cdot 10^4$

$R$  – універсальна газова константа = 8,314510

$T$  – температура у кельвінах

Важливо зазначити, що чутливість електрода змінюється в залежності від температури. З передаточної функції можна побачити, що чутливість лінійно зростає з температурою.

Наприклад, при 25 ° С, чутливість електрода дорівнює 59,16 мВ / рН, на виході електрода буде коливатися від -7рН х -59,16 мВ / рН = +414,12 мВ до +7 рН х -59,16 мВ / рН = -414,12 мВ. Через таку поведінку критично важливо знати температуру розчину, що вимірюється, і компенсувати вимірювання відповідно.

Ідеальний електрод при температурі 25 ° С в розчині з кислотністю рівній 7 виробить 0 мВ. Але через те, що електроди – не ідеальні, вони матимуть фактичне значення яке відмінне від 0 мВ. Ця варіація має назву похибка вимкнення електрода. Як було зазначено раніше, чутливість ідеального електрода при 25 ° С становить 59,16 мВ на одиницю рН.

					61102.414215.001 ПЗ	Арк.
Випр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Будь-яке відхилення від цього ідеального значення визначається як похибка проліту електрода. Для уникнення цієї похибки потрібно проводити калібрування електрода, якщо потрібна велика точність системи.

В таблиці 6.6.1. можна побачити залежність показів у мілівольтах від рівню кислотності:

Таблиця 6.6.1.

мВ	Рівень рН	мВ	Рівень рН
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

В таблиці 6.6.2. наведені характеристики датчика рН Н-101:

Таблиця 6.6.2.

Характеристики	Значення
Напруга нагріву	5 В ± 0,2 В (AC / DC)
Робочий струм	5-10 мА
Діапазон виявленої концентрації	РН0-14
Діапазон виявлення температури	0-80 °С
Час відгуку	<5S
Час установки	<60S
Потужність компонента	<0,5 Вт

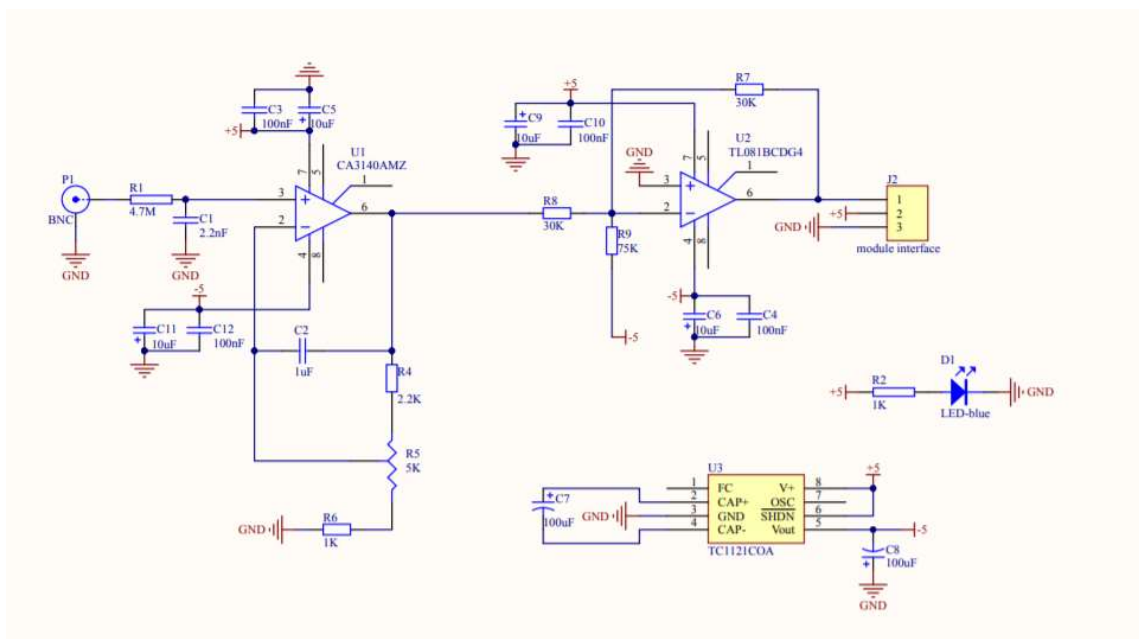


Рисунок 6.11. – Схема підсилювача рН електрода

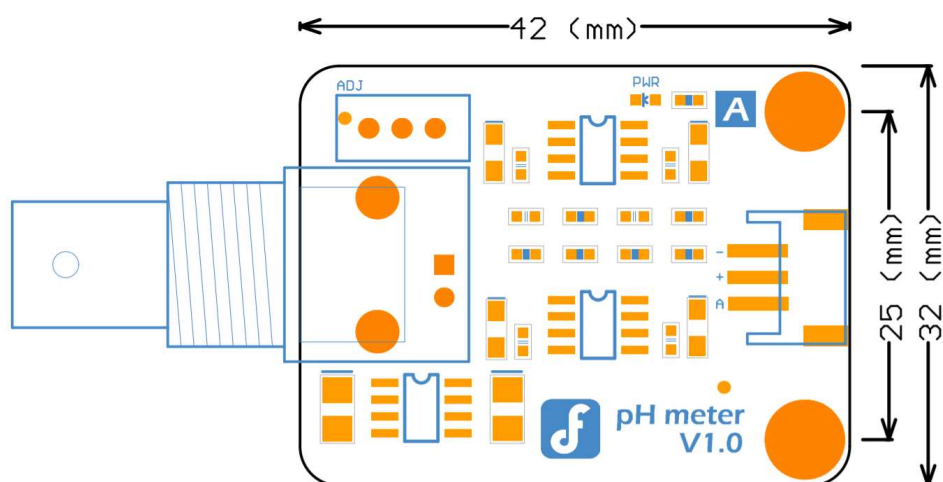


Рисунок 6.12. – Зображення підсилювача електрода.

## 6.7 Датчик тиску NovaSensor NPI-19 I2C digital sensor



Рисунок 6.13. – Зовнішній вигляд датчика

### 6.7.1 Загальний опис

Цифровий датчик тиску I2C NovaSensor NPI-19 є учасником серії NovaSensor® NPI і включає в себе найсучаснішу технологію IsoSensor з протоколами інтерфейсу I2C. Вони розроблені для роботи у ворожих умовах, але при цьому надають чудової чутливості, лінійності та гістерезису кремнієвого датчика. П'єзорезистивний датчик мікросхеми розміщується в циліндричній порожнині, наповненій рідиною, і ізолюється від вимірюваних середовищ діафрагмою та корпусом з нержавіючої сталі, це дає змогу проводити виміри в різних умовах.

					61102.414215.001 ПЗ	Арк.
Випр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



## 6.7.2 Шина I2C

Кожна команда запускається, як показано на малюнку 6.14. Надіслати потрібно лише кількість байтів, необхідних для команди. Після виконання команди (шина = 0) очікувані дані можна прочитати, як показано на малюнку 6.16., або якщо дані не повернуті командою, наступна команда може бути відправлена. Статус можна прочитати в будь-який час, як описано на малюнку 6.15.

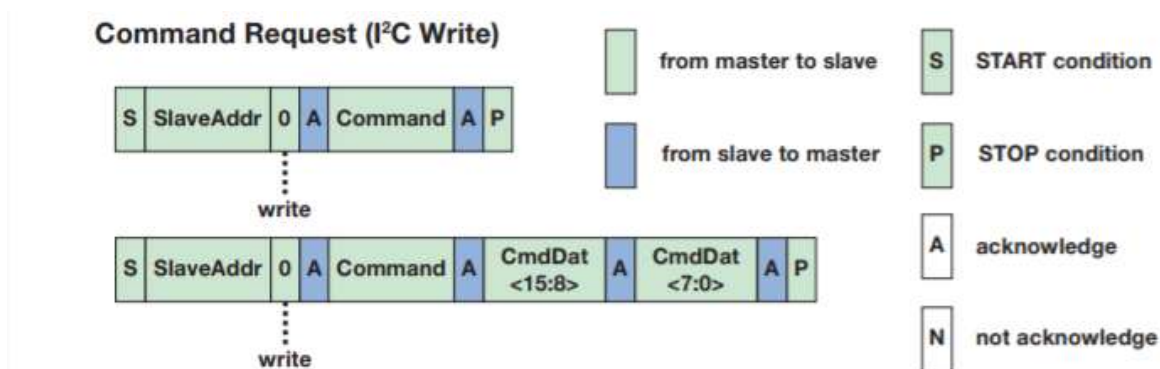


Рисунок 6.14. – Запит

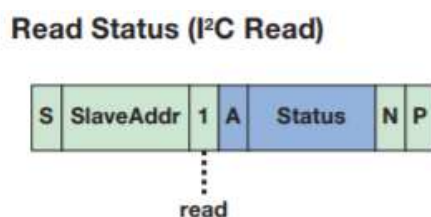
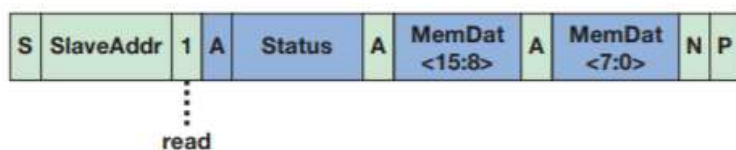


Рисунок 6.15. – Зчитування статусу

## Read Data (I<sup>2</sup>C Read)

(a) Example after the completion of a Memory Read command



(b) Example after the completion of a Full Measurement command (AC<sub>HEX</sub>)

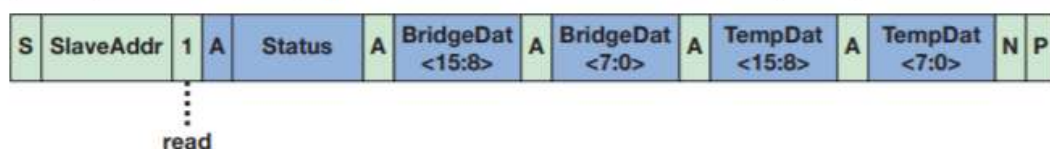


Рисунок 6.16 – Зчитування даних

## 6.7.3 Вихідна функція

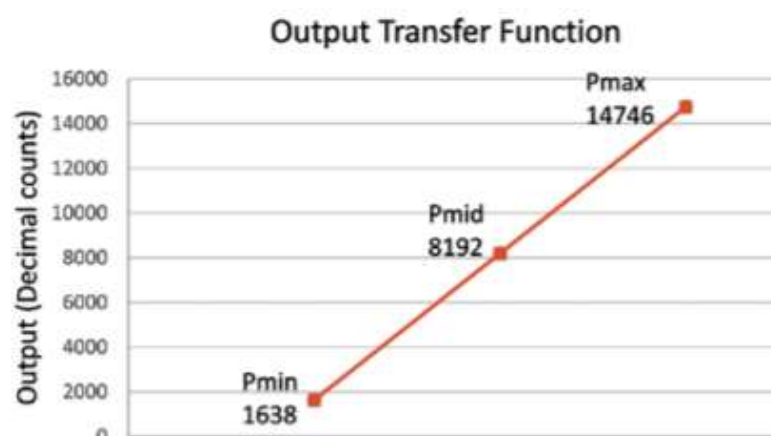


Рисунок 6.17. – Вихідна функція

В таблиці 6.7.1. – дається опис вихідної фнкції, яка зображена вище

Таблиця 6.7.1

Тиск	Вихідні дані, %	Десятична система	Шестнадцятирична Система
P <sub>min</sub>	10	1638	0x0666
P <sub>mid</sub>	50	8192	0x2000
P <sub>max</sub>	90	14746	0x399A

#### 6.7.4 Характеристики

В таблиці 6.7.2. – Надані характеристики датчика.

Таблиця 6.7.2.

Параметри	Мінімальне значення	Максимальне значення	Одиниці вимірювання
Тиск	0	2000	кПа
Робоча температура	-40	+120	°C
Нульовий вихід	1638		Десятична система
Повний вихідний тиск	14754		Десятична система
Напруга живлення	3.3		V

## 7. Розрахункова частина

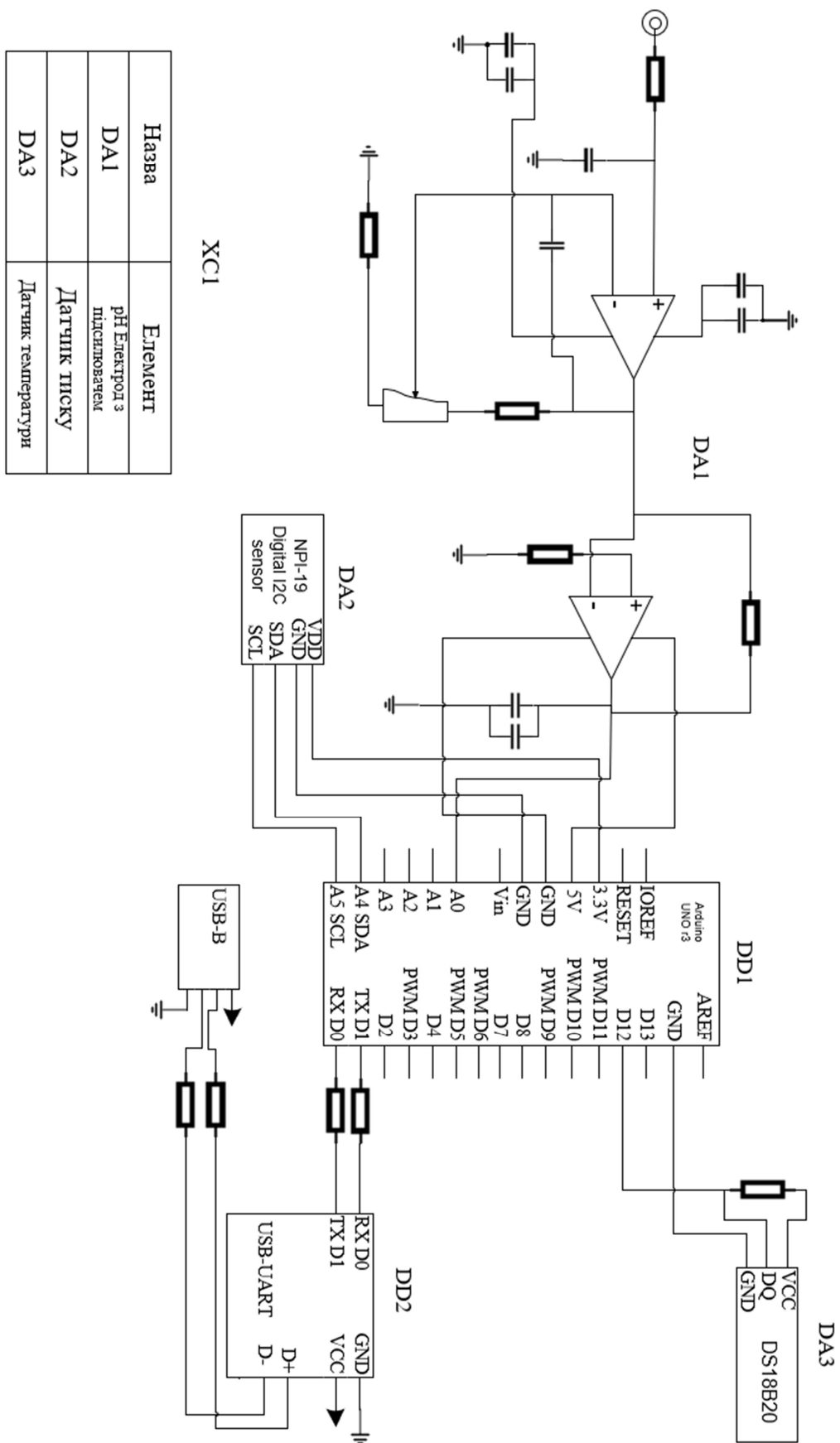
### 7.1. Розробка схеми електричної принципової

Основою для розробки принципової схеми є схема електрична функціональна та алгоритми функціонування.

Метою розробки принципової схеми є створення можливості більш повного аналізу складових похибок вимірювальних каналів.

Функціональна схема зображена на рисунку 7.1.

					61102.414215.001 ПЗ	Арк.
						33
Випр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

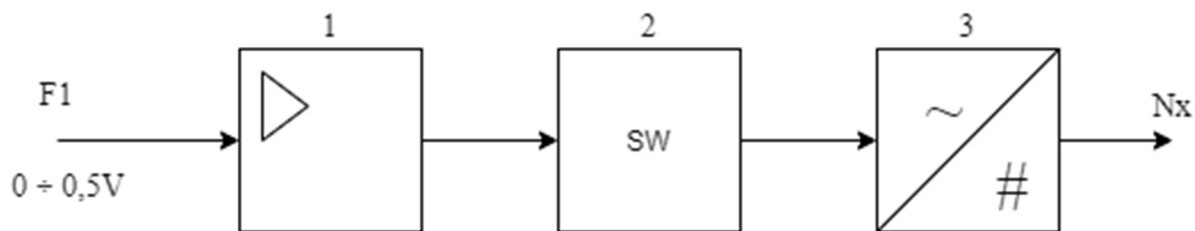


Назва	Елемент
DA1	pH Електрод з підсилювачем
DA2	Датчик тиску
DA3	Датчик температури

Рисунок 7.1. – Принципова схема IBC

## 7.2 Розрахунки окремих блоків

### 7.2.1 Розрахунок похибок каналу вимірювання температури



1. Нормуючий підсилювач побудовано на базі ППС(підсилювача постійного струму)

#### 1.1 Похибки:

- Похибка дрейфу нуля(випадкова адитивна);
- Похибка нелінійності коефіцієнта підсилення(випадкова мультиплікативна);

Для підсилювача,  $\Delta U_{др} = 1 \cdot 10^{-3} V$ .

#### 1.2 Розрахунок похибки дрейфу нуля:

$$\gamma_{др} = \frac{\pm U_{др}}{U_{вих}} \cdot 100\% \quad (2)$$

$$\gamma_{др} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{5} \cdot 100 = 0,02\% \quad (3)$$

Для надійної роботи АЦП на його вхід подаємо сигнал в діапазоні 0-5V. Похибкою нелінійності можна знехтувати, оскільки коефіцієнт підсилення дорівнює 10(при сигналі з сенсора від 0 до 5V), а максимальний коефіцієнт підсилення (НП)  $\approx 400$ .

## 2. Розрахунок похибки комутатора

Схема електрична еквівалентна комутатора представлена на рисунку 7.2.1.

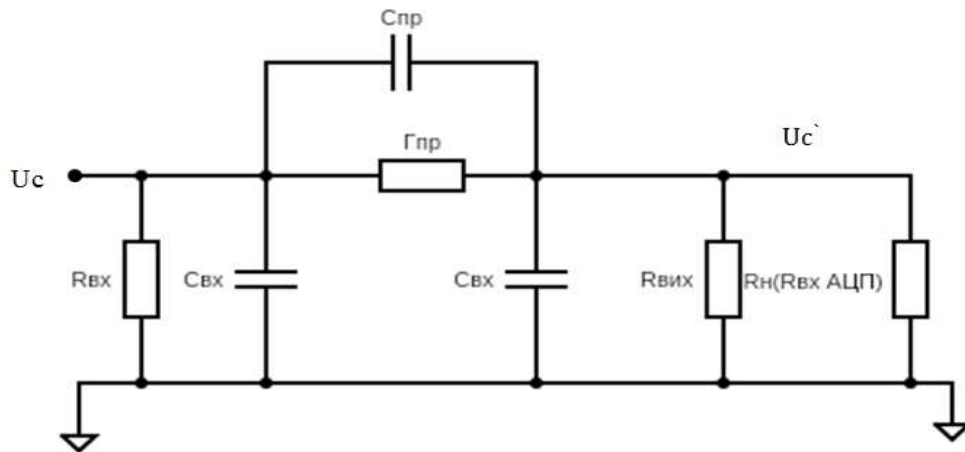


Рисунок 7.2. – Схема електрична еквівалентна

Опір каналу відкритого ключа  $\neq 0$ , а має значення  $\Gamma_{\text{пр}}$  від 0 Ом до 300 Ом.

Самі поширені (K168), мають  $\Gamma_{\text{пр}} = 100$  Ом.

Тоді,

$$U_{\text{с}}' = \frac{U_{\text{с}}}{\Gamma_{\text{пр}} + R_{\text{н}}} \cdot R_{\text{н}} \quad (4)$$

При  $U_{\text{с}} = 5\text{V}$ ;

$\Gamma_{\text{пр}} = 100$  Ом;

$R_{\text{н}} = 10^6$  Ом

$$U_{\text{с}}' = \frac{5}{100 + 10^6} \cdot 10^6 \approx 4.99\text{V} \quad (5)$$

$$\gamma = \frac{U_{\text{с}} + U_{\text{с}}'}{U_{\text{с}}} \cdot 100\% \quad (6)$$

$$\gamma = \frac{5+4.99}{5} \cdot 100\% = 1.99 \quad (7)$$

### 7.2.2 Розрахунок похибки АЦП

В мікроконтролері Arduino використовується десяти-розрядний АЦП, що відповідає 1024 градаціям вихідного коду.

Роздільна здатність або точність АЦП з ідеальною передаточною характеристикою дорівнює:

$$\frac{100\%}{1024} = 0,098\% \quad (8)$$

Похибка диференційної нелінійності(адитивна похибка):

$$\gamma_{\text{ДН}} = \frac{5}{2^{10}} = 0,005 \quad (9)$$

Похибка квантування:

$$\gamma_{\text{КВ}} = \frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{2^{10}}, \quad (10)$$

Де,

$U_{\text{max}} = 5\text{V};$

$U_{\text{min}} = 0\text{V};$



$$\gamma_{KB} = \frac{5-0}{2^{10}} = 0,005 \quad (11)$$

Похибка інтегральної нелінійності(мультиплікативна):

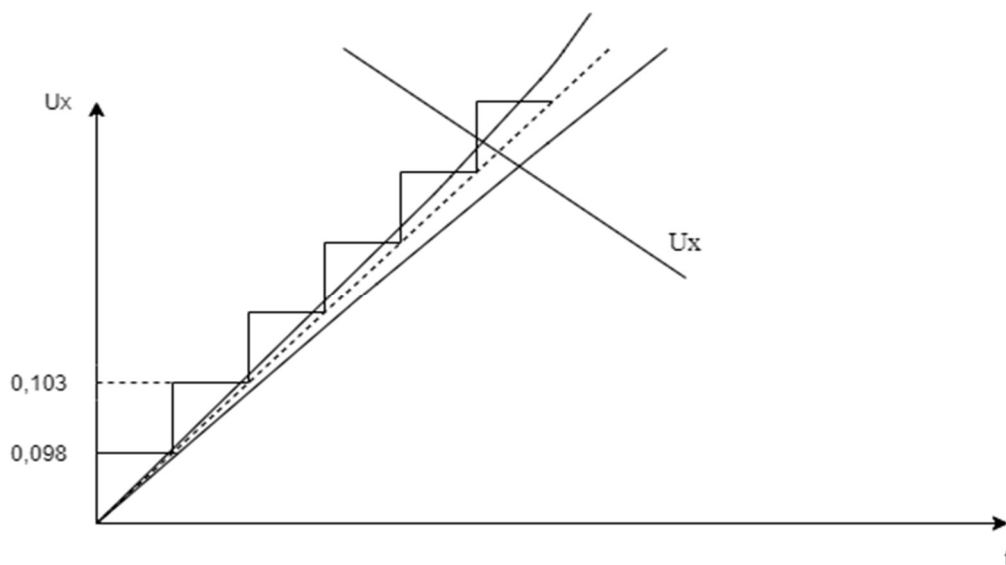


Рисунок 7.3. – Графік похибки інтегральної нелінійності

Згідно паспортних даних, похибку інтегральної нелінійності, беремо рівну половині молодшого розряду при 10-ти розрядному АЦП та 5V на вході, отримуємо рівняння:

$$\gamma_{\text{інт. нел.}} = \frac{5}{2 \cdot 1024} = 0,0024 \quad (12)$$

Аналогічними методами розраховуємо похибки для інших вимірювальних каналів: Кислотності і тиску.

## 8. Розробка метрологічного забезпечення

Так як дана ІВС відноситься до вимірювальних засобів, які не підлягають державному метрологічному нагляду(що вказано в технічному завданні), то вона потребує лише калібрування певних частин ІВС. А саме: Датчик рівня кислотності рідини рН4502С потребує калібрування електрода. При першому включенні рН-метра (і в подальшому приблизно раз на пів року) його потрібно калібрувати.

Калібрування проводиться за допомогою багато обертового потенціометра на платі і рідини, яка йде в комплекті з датчиком, або за допомогою інших калібрувальних рідин.

Треба зазначити, що після того як датчик знаходився у кислотному або лужному середовищі його потрібно промити від залишків цих середовищ на скляному електроді. Цю процедуру необхідно проводити кожен раз перед калібруванням у еталонній рідині.

## 9. Висновок

В результаті виконання роботи була спроектована ІВС технологічних процесів виробництва біопалива, а саме біогаза. Спроектowana ІВС може використовуватись для невеликих господарств, або для домашнього використання. Система розроблена на базі недорогих складових, таких як мікроконтролер Arduino та сумісних з ним датчиків.

У процесі проектування ІВС було вивчено багато супутнього теоретичного матеріалу, розглянута необхідна нормативно-технічна документація. Були спроектовані структурна, функціональна та принципіальна схеми. Було проведено розрахунок всіх блоків системи, підібрана елементна база, а також виконаний аналіз похибок.

					61102.414215.001 ПЗ	Арк.
						40
Випр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Додаток А

## Використані джерела інформації

1. Едер Б. , Хайнц Ш. Биогазовые установки. Практическое пособие. Справочник. Издательство Versand. 1996 г.
2. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. Высшая школа. Киев. 1983 г.
3. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы. Высшая школа. Киев. 1986 г – 415с.
4. Освітня система <http://moodle.ipk.kpi.ua/moodle/course/view.php?id=700>
5. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. . Биогаз: теория и практика = Biogas in Theorie und Praxis. — М.: Колос, 1982. — 148 с.
6. Чернявский Е. А. Измерительно-вычислительные средства автоматизации производственных процессов: Учебное пособие для вузов. / Е. А. Чернявский, Д. Д. Недосекин, В. В. Алексеев. [Текст]. — Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отделение, 1989.
7. Новицкий «Оценка погрешностей измерений».
8. Ардуиномастер. [Электронный ресурс]: российское арудино сообщество – Назва з екрану: <https://arduinomaster.ru/> – Режим доступу.
9. ALLDATASHEET.COM [Электронный ресурс]: Electronic Components Datasheet Search – Назва з екрану: <http://www.alldatasheet.com/> – Режим доступу.
10. Cyberleninka [Электронный ресурс]: НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА «КИБЕРЛЕНИНКА» – Назва з екрану: <https://cyberleninka.ru/> – Режим доступу.
11. Zorg Biogas. [Электронный ресурс]: ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ ЗОРГ БИОГАЗ– Назва з екрану: <http://zorbiogas.com/?lang=en> – режим доступу.
12. AMPHENOL. [Электронный ресурс]: Amphenol Advanced Sensors – Назва з екрану.: <https://www.amphenol-sensors.com/en/> – Режим доступу.

13. DFRobot [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.dfrobot.com/>.

					61102.414215.001 ПЗ	Арк.
						42
Випр.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Додаток В

## Характеристик DS18B20

DS18B20	Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer
---------	---

### AC Electrical Characteristics–NV Memory

(-55°C to +125°C; V<sub>DD</sub> = 3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
NV Write Cycle Time	t <sub>WR</sub>			2	10	ms
EEPROM Writes	N <sub>EEWR</sub>	-55°C to +55°C	50k			writes
EEPROM Data Retention	t <sub>EEDR</sub>	-55°C to +55°C	10			years

### AC Electrical Characteristics

(-55°C to +125°C; V<sub>DD</sub> = 3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Conversion Time	t <sub>CONV</sub>	9-bit resolution	(Note 12)		93.75	ms
		10-bit resolution			187.5	
		11-bit resolution			375	
		12-bit resolution			750	
Time to Strong Pullup On	t <sub>SPON</sub>	Start convert T command issued			10	μs
Time Slot	t <sub>SLOT</sub>	(Note 12)	60		120	μs
Recovery Time	t <sub>REC</sub>	(Note 12)	1			μs
Write 0 Low Time	t <sub>LOW0</sub>	(Note 12)	60		120	μs
Write 1 Low Time	t <sub>LOW1</sub>	(Note 12)	1		15	μs
Read Data Valid	t <sub>RDV</sub>	(Note 12)			15	μs
Reset Time High	t <sub>RSTH</sub>	(Note 12)	480			μs
Reset Time Low	t <sub>RSTL</sub>	(Notes 12, 13)	480			μs
Presence-Detect High	t <sub>PDHIGH</sub>	(Note 12)	15		60	μs
Presence-Detect Low	t <sub>PDLOW</sub>	(Note 12)	60		240	μs
Capacitance	C <sub>IN/OUT</sub>				25	pF

**Note 12:** See the timing diagrams in [Figure 2](#).

**Note 13:** Under parasite power, if t<sub>RSTL</sub> > 960μs, a power-on reset can occur.

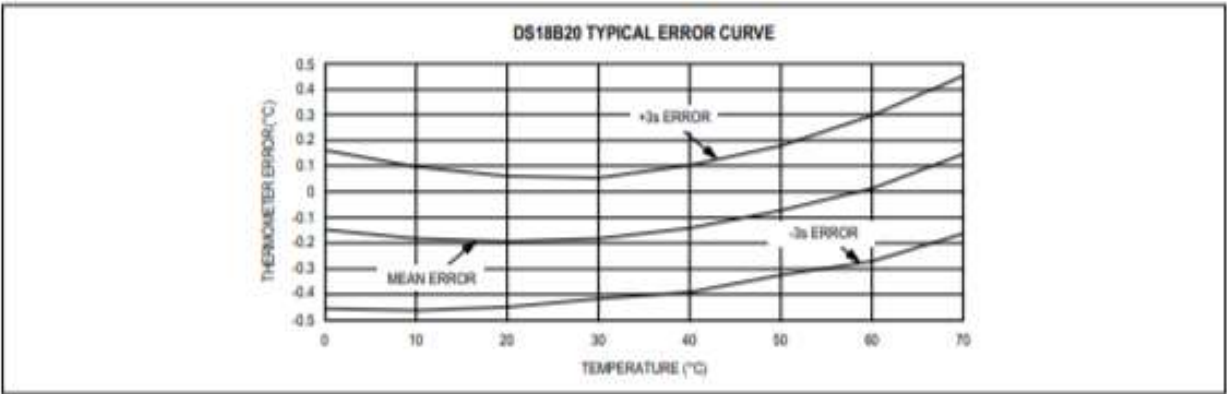


Figure 1. Typical Performance Curve

# Додаток С

## Характеристики NPI-19 I2C digital pressure sensor

### NPI-19 Series - Specifications (Cont.)

#### Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter	Limits			Unit
		Min	Typical	Max	
V <sub>dd</sub>	Supply Voltage	2.5	3.3	5.5	V
P	Over Pressure (Rated Pressure)	-	2X	-	-
V <sub>HBM1</sub>	Electrostatic Discharge Tolerance – Human Body Model	-	-	2	kV
T <sub>STOR</sub>	Storage Temperature	-40	-	125	°C

#### Performance Specifications

Unless otherwise specified: Supply Voltage: 3.3 VDC, Ambient Temperature: 25°C

Parameters	Min	Typical	Max	Units	Notes
Zero Output (10%–90%)		1638		Decimal counts	1
Full-Scale Pressure Output 10%–90%)		14745		Decimal counts	1
Pressure Linearity	-0.25		0.25	%FSO	2
Total Error Band	-1		1	%FSO	2
Pressure Resolution		0.008		%FSO	3
Supply Current		3		mA	
Insulation Resistance (@50 VDC)	100			MΩ	4
Overpressure			2X	Rated pressure	
Load Resistance	10			KΩ	
Long-Term Stability		0.5		%FSO/year	
Compensated Temperature (≤35 kPa)	0		50	°C	
Compensated Temperature (≥100 kPa)	-20		85	°C	
Operating Temperature (≤35 kPa)	-10		80	°C	5
Operating Temperature (≥100 kPa)	-40		125	°C	5
Start Time to Data Ready			8.4	ms	6
I2C Slave Address		0x28		Counts Hex	
Media	Liquids and gases compatible with 316L Stainless Steel				

1. 666 to 399A Hex counts.
2. Accuracy: Combined BFSI linearity, pressure hysteresis and repeatability.
3. Total Error Band: Calibration errors and temperature effects over compensated range.
4. Between case and sensor pins.
5. Temperature range may be less with connectors or wires.
6. Start Time to Data Ready is the time after Power on Reset (POR) to obtain valid data.





**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Приладобудівний факультет**

**Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

Освітньо-професійна програма «Метрологія та вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Володимир ЄРЕМЕНКО

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Маловічко Євгену Вікторовичу**

1. Тема проєкту «Інформаційно-вимірювальна система параметрів технологічного процесу виробництва біопалива», керівник проєкту Павлишин Микола Михайлович, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проєкту 15 червня 2020 року

3. Вихідні дані до проєкту

Температура, кислотність, тиск

4. Зміст пояснювальної записки

Вступ

Технічне завдання

Аналітичний огляд метрологічних та технічних характеристик відомих аналогів

Розробка схеми електричної структурної

Розробка схеми функціональної

Розробка схеми електричної принципіальної

Розробка алгоритму та часових діаграм

Метрологічне забезпечення

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

Структурна схема

Схема електрична функціональна

Принципіальна схема

7. Дата видачі завдання 05 лютого 2020 року

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Дослідження проблемного об'єкту	25.02.2020	
2	Розробка та затвердження технічного завдання	05.03.2020	
3	Розробка структури виробу	20.03.2020	
4	Розробка функціональної схеми виробу	10.04.2020	
5	Розробка схем принципових окремих модулів	20.04.2020	
6	Розрахунки показників якості виробу	10.05.2020	
7	Висновки	20.05.2020	
8	Оформлення дипломного проєкту	25.05.2020	

Студент

Євген МАЛОВІЧКО

Керівник

Микола ПАВЛИШИН